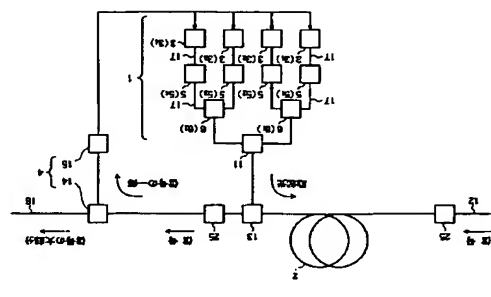


(19) 日本国特許庁 (J P)		(12) 公開特許公報 (A)		(11) 特許出願公開番号 特開2000-98433 (P2000-98433A) (43) 公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)	
(51) IntCl. ⁷		識別記号	P I	ナポット (参考)	
G 0 2 F 1/35		5 0 1	G 0 2 F 1/35	5 0 1	
H 0 1 S 5/026		3/30	H 0 1 S 3/18	6 1 6	
H 0 4 B 10/17		10/16	H 0 4 B 9/00	J	
審査請求 未請求 請求項の範囲35 O L (全 24 頁)					
(51) 出願番号	特願平11-34833	(71) 出願人	00005290	古河電気工業株式会社	
(22) 出願日	平成11年2月12日(1999.2.12)	(72) 発明者	東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 江森 芳博	(72) 発明者	
(31) 優先権主張番号	特願平10-208450	(72) 発明者	東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古 河電気工業株式会社内	(72) 発明者	
(32) 優先日	平成10年7月23日(1998.7.23)	(72) 発明者	茨城 祥一	(72) 発明者	
(33) 優先権主張国	日本 (J P)	(72) 発明者	東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古 河電気工業株式会社内	(72) 発明者	
		(72) 発明者	如木 岡	(74) 代理人	
		(74) 代理人	100076369 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古 河電気工業株式会社内	弁理士 小林 正治	

(54) 【発明の名称】 ラマン増幅器とそれを用いた光中継器

(57) 【要約】 (修正有)
 【課題】 必要な利得を得ることができ、利得平坦化フィルタを使用する必要がない程度に利得の波長依存性を小さくすることができ、E D F A の領域でも使用することができ、ラマン増幅器を提供する。
 【解決手段】 半導体レーザ3はファイバリレー型のものでファイバグレーティング等の光波長安定化用の外部共振器が接続されたものを使用する。又、レーザの中心波長の間隔が6nm以上35nm以下、中心波長の最大値と最小値の差は100nm以内とする。各励起光の出力パワーを抽出する手段又は各励起光源による利得が最大となる波長の信号光出力パワーを抽出する手段を持ち、パワーを一定値に保つよう各励起光源の駆動電流を制御する手段4を持つ。中継器へ応用する場合は中継器の信号波長帯より約100nm短い波長帯の励起光を光中継器の構成要素となっているDCFに入射する手段をもつ。増幅器1とDCFの中間と増幅器2とDCF出力の中間に信号光をもととする手段や励起光のパワーを調節する手段等をもつ。



(2) 特開2000-98433
 光パワー制御手段(4)を備えることを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項10】 励起光発生手段(1)はファイバリレー型の半導体レーザ(3)の出力側にファイバグレーティング等の波長安定化用の外部共振器(5)を設けて構成することを特徴とする請求項1乃至請求項9のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項11】 励起光発生手段(1)はファイバリレー型の半導体レーザ(3)の出力側に励起光を偏波合成するための偏波合成器(6)を設けて構成することを特徴とした請求項1乃至請求項10のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項12】 励起光発生手段(1)は、マッハツェン干渉計を原理とする平面光波回路型波長合成器を設けて構成することを特徴とする請求項1乃至請求項11のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項13】 偏波面を90度回転する偏波面回転手段(7)を備え、光ファイバ(2)に励起光発生手段(1)で発生された複数の励起光と偏波面回転手段(7)により偏波面が90度回転された偏波面回転手段(7)で発生された励起光とが同時に存在する様にした波面が重畳される請求項1乃至請求項12のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項14】 増幅用の光ファイバ(2)は非線形屈折率n₂が3.5E-20[m²/W]以上であることを特徴とする請求項1乃至請求項13のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項15】 増幅用の光ファイバ(2)が伝送路の一部として存在するものであることを特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項16】 増幅用のファイバ(2)として5Wと200ps/m未満の分散を持つファイバを用いることを特徴とする請求項1乃至請求項15のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項17】 請求項16に記載のラマン増幅器において、-20[ps/m]未満の分散を持つファイバから5Wへ向って励起光が伝播することを特徴とするラマン増幅器。
 【請求項18】 増幅用の光ファイバ(2)が信号光を伝播するための伝送用ファイバから独立したものであり、伝送用ファイバ中に挿入可能なラマン増幅用ファイバとして存在するものであることを特徴とする請求項1乃至請求項14のいずれかに記載のラマン増幅器。
 【請求項19】 光ファイバ伝送路(8)中に挿入されて同ファイバ伝送路(8)における損失を補償する光中継器であって、請求項1乃至請求項18のいずれかに記載のラマン増幅器(8)を備え、同ラマン増幅器(9)で光ファイバ伝送路(8)における損失を補償することを特徴とする光中継器。
 【請求項20】 請求項19に記載の光中継器において、

そのモードホップが引き起こす利得変動による雑音が増著となるため、利得の大きさを調整する際に、励起レーザの駆動電流を変化させる必要があるが、駆動電流を変化させた場合の中心波長の変動は最大15nm程度あり、利得の波長依存性が大きく変わってしまうとかいった課題がある。また、このような中心波長のフットは励起光を多重化するようなカブラの結合損失の変化にもつながるのので好ましくない課題がある。更に、光中継器もシステム部に感知加ファイバ増幅器B、Cを設計しなおす必要がある等課題がある。また、分散補償用ファイバを挿入することによる雑音特性の劣化は、現行の方式では、避け難い課題である。

【0011】
【課題を解決するための手段】本発明の目的は、必要な利得を得ることができ、利得平坦化フィルタを使用する必要がない程度に利得の波長依存性を小さくすることができ、EDFAの増幅でも使用することができるラマン増幅器を提供することであり、また、このラマン増幅器をE増加ファイバ増幅器(EDFA)と分散補償用光ファイバ(DCF)で構成される光中継器に応用して、システム毎にEDFAを再設計する必要がなく、光中継器の特性を劣化させることもなく、伝送路損失やDCF損失のばらつきを補償することもできる光中継器を提供する。また、DCFをラマン増幅器することは、従来避けることのできなかったDCF挿入に起因する雑音特性の劣化を軽減することを示す。

【0012】本発明のうち請求項1記載のラマン増幅器は図1又は図2又は図3に示す様に、複数の励起光を発生する励起光発生手段1を備え、同励起光発生手段1から出力される複数の励起光と光ファイバ2に伝播される信号光とを合波して当該信号光にラマン利得を与えるラマン増幅器であって、前記励起光発生手段1はファイブロー型、DFB型、DBR型の半導体レーザ又はMOA3を用いて構成し、各励起光はその中心波長を互いに異なるものとし、且つ中心波長の間隔をnm以上35nm以下とすることを特徴とするものである。

【0013】本発明のうち請求項2記載のラマン増幅器は図3に示す様に、励起光発生手段1は狭り合う波長の励起光をファイバ2に互いに異なる2方向に伝播して信号光を双方向励起する構成であることを特徴とするものである。

【0015】本発明のうち請求項4記載のラマン増幅器は図3に示す様に、励起光発生手段1は複数の励起光を2つのグループに分けて配置すると共に、同一グループ内に隣接波長の励起光が入れない様にして夫々のグループ内で励起光を合波する構成とし、グループ内で合波さ

れた2つの励起光を光ファイバ2に互いに異なる2方向に伝播する様にしたことを特徴とするものである。

【0016】本発明のうち請求項5記載のラマン増幅器は図26又は図27に示す様に、入力光又は出力光をモニタし、その結果に基づいて励起光発生手段1の各励起光パワーを制御して、出力光パワーを所定値に保つ出力光パワー制御手段4を備えることを特徴とするものである。

【0017】本発明のうち請求項6記載のラマン増幅器は図4又は図5に示す様に、ラマン利得を受けた信号光を含む出力光をモニタし、その結果に基づいて励起光発生手段1の各励起光パワーを制御して、増幅器出力の波長依存性を平坦化する出力光パワー制御手段4を備えることを特徴とするものである。

【0018】本発明のうち請求項7記載のラマン増幅器は図4に示す様に、出力光パワー制御手段4は、出力光から分岐したモニタ光を各励起光の波長に各々約100nmを加えた波長の波長光に分散してそれぞれ波長光をモニタし、各波長光のパワーを揃える様に励起光発生手段1の各励起光パワーを制御するものであることを特徴とするものである。

【0019】本発明のうち請求項8記載のラマン増幅器は図5に示す様に、出力光パワー制御手段4は、出力光から分岐したモニタ光を更に励起光と同様に分配して、それから各励起光の波長に各々約100nmを加えた波長光を透過させて各波長光をモニタし、各波長光のパワーを揃える様に励起光発生手段1の各励起光パワーを制御するものであることを特徴とするものである。

【0020】本発明のうち請求項9記載のラマン増幅器は図28に示す様に、入力光パワーと出力光パワーとをモニタし、それらの比が一定になる様に励起光発生手段1の各励起光パワーを制御して、利得を所定値に保つ出力光パワー制御手段4を備えることを特徴とするものである。

【0021】本発明のうち請求項10記載のラマン増幅器は図1又は図2又は図3に示す様に、励起光発生手段1はファイブロー型、DFB型、DBR型の半導体レーザ又はMOA3を用いて構成し、各励起光はその中心波長を互いに異なるものとし、且つ中心波長の間隔をnm以上35nm以下とすることを特徴とするものである。

【0022】本発明のうち請求項11記載のラマン増幅器は図1又は図2又は図3に示す様に、励起光発生手段1はファイブロー型、DFB型、DBR型の半導体レーザ又はMOA3を用いて構成し、各励起光はその中心波長を互いに異なるものとし、且つ中心波長の間隔をnm以上35nm以下とすることを特徴とするものである。

【0023】本発明のうち請求項12記載のラマン増幅器は図1又は図2又は図3に示す様に、励起光発生手段1は複数の波長のファイブロー型、DFB型、DBR型の半導体レーザ又はMOA3をマッシュアップ干渉計を原理とする平面波回折型波長合波器を設けて構成することを特徴とするものである。

【0024】本発明のうち請求項13記載のラマン増幅器は図6(a)又は図6(b)に示す様に、偏振面を90度回転する偏振面回転手段を備え、光ファイバ2に励起光発生手段1より発生された複数の励起光と前記偏振面回転手段7により発生された前記各励起光と偏振面が直交する励起光とが同時に存在する様にしたことを特徴とするものである。

【0025】本発明のうち請求項14記載のラマン増幅器は、増幅用の光ファイバ2は非線形屈折率が3.5E-20[m²/W]以上であることを特徴とするものである。

【0026】本発明のうち請求項15記載のラマン増幅器は、増幅用の光ファイバ2が伝送路の一部として存在するものであることを特徴とするものである。

【0027】本発明のうち請求項16に記載のラマン増幅器は増幅用ファイバ2が伝送路となっており、その内径が5μmと-20μm/cm未満の分散を持つファイバを接合して構成されたものであることを特徴とするものである。

【0028】本発明のうち請求項17に記載のラマン増幅器は増幅用ファイバ2が伝送路となっており、その内径が5μmと-20μm/cm未満の分散を持つファイバを接合して構成されたものであることを特徴とするものである。

【0029】本発明のうち請求項18記載のラマン増幅器は、増幅用の光ファイバ2が信号光を伝播するための伝送路に挿入可能なラマン増幅用ファイバとして存在するものであることを特徴とするものである。

【0030】本発明のうち請求項19記載の光中継器は図7に示す様に、光ファイバ伝送路8中に挿入されて同光ファイバ伝送路8における損失を補償する光中継器であって、請求項1乃至請求項14のいずれかに記載のラマン増幅器9を備え、同ラマン増幅器9で光ファイバ伝送路8における損失を補償する構成であることを特徴とするものである。

【0031】本発明のうち請求項20に記載の光中継器は図29～図32に示す様に、ラマン増幅器9の残留励起光を光ファイバ伝送路8に挿入し、光ファイバ伝送路8におけるラマン増幅効果を利用することを特徴とするものである。

【0032】本発明のうち請求項21記載の光中継器は図28に示す様に、ラマン増幅器9の前段又は後段又は後段に希土類添加ファイバ増幅器10を備えることを特徴とするものである。

【0033】本発明のうち請求項22記載の光中継器は図33～図36に示す様に、ラマン増幅器9の残留励起光を希土類添加ファイバ増幅器10の励起光として利用することを特徴とするものである。

【0034】本発明のうち請求項23記載の光中継器は

図45に示す様に、光ファイバ伝送路8中に挿入されて同光ファイバ伝送路8における波長分散を補償する光中継器であって、請求項1乃至請求項14のいずれかに記載のラマン増幅器9を備え、その光ファイバ2に分散補償用ファイバを用いて光ファイバ伝送路8における波長分散を補償し、光ファイバ伝送路8及び増幅用の光ファイバ2における損失の一部又は全てを補償することを特徴とするものである。

【0035】本発明のうち請求項24に記載の光中継器は図29～図32に示す様に、ラマン増幅器9の残留励起光を光ファイバ伝送路8に挿入し、光ファイバ伝送路8におけるラマン増幅効果を利用することを特徴とするものである。

【0036】本発明のうち請求項25記載の光中継器は図28に示す様に、ラマン増幅器9の前段又は後段又は後段に希土類添加ファイバ増幅器10を備えることを特徴とするものである。

【0037】本発明のうち請求項26記載の光中継器は図33～図36に示す様に、ラマン増幅器の残留励起光を希土類添加ファイバ増幅器10の励起光として利用することを特徴とするものである。

【0038】本発明のうち請求項27記載の光中継器は図29に示す様に、分散補償用ファイバである光ファイバ2への入力レベルの変動や同ファイバ2における損失の変動を同光ファイバ2におけるラマン増幅により補償し、当該光ファイバ2からの出力を所定値に保つ制御手段を備えることを特徴とするものである。

【0039】本発明のうち請求項28記載の光中継器は図10に示す様に、分散補償用ファイバである光ファイバ2における損失又は利得を同光ファイバ2におけるラマン増幅により補償して一定に保つ制御手段を備えることを特徴とするものである。

【0040】本発明のうち請求項29記載の光中継器は、希土類添加ファイバ増幅器10の利得を一定に保ち、ラマン増幅器9の利得によって中継器の利得を調整する様にしたことを特徴とするものである。

【0041】本発明のうち請求項30記載の光中継器は図11に示す様に、希土類添加ファイバ増幅器10の利得の波長依存性をラマン増幅器9の利得の波長依存性を使得補償する様にしたことを特徴とするものである。

【0042】本発明のうち請求項31記載の光中継器は図8に示す様に、光ファイバ伝送路8中に挿入されて同光ファイバ伝送路8における損失と波長分散を補償する光中継器であって、励起光の波長が単一であるラマン増幅器9を備え、同ラマン増幅器9の前段又は後段又は後段に希土類添加ファイバ増幅器10を備えることを特徴とし、ラマン増幅器9の増幅用の光ファイバ2に分散補償用ファイバを用いることを特徴とするものである。

【0043】本発明のうち請求項32記載の光中継器は

(7)

特開2000-98433

11

図3-3～図3-6に示す様に、ラマン増幅器9の共振励起光を希土類添加ファイバ増幅器10の励起光として利用することを特徴とするものである。

【0044】本発明のうち請求項33に記載の光中継器は図8に示す様に、分岐補償用ファイバであるラマン増幅用の光ファイバ2への入力光レベルの変動や同ファイバ2における損失変動を同ファイバ2におけるラマン増幅に同時に補償して、当該光ファイバ2からの出力を所定値に保つ制御手段を備えることを特徴とするものである。

【0045】本発明のうち請求項34に記載の光中継器は図10に示す様に、分岐補償用ファイバであるラマン増幅用の光ファイバ2における損失又は利得を同ファイバ2におけるラマン増幅により補償して所定値に保つ制御手段を備えることを特徴とするものである。

【0046】本発明のうち請求項35に記載の光中継器は図11に示す様に、希土類添加ファイバ増幅器10の利得を一定に保ち、ラマン増幅器9の利得によって中継器の利得を調整する様にしたこととを特徴とするものである。

【0047】次に本発明のラマン増幅器とそれを用いた光中継器の作用について説明する。本発明のうち請求項1記載のラマン増幅器では図1、2、3に示す様に、励起光発生手段1に小型で比較的高出力のファイバペロー型の半導体レーザ3を用いた場合、比較的高い利得を得ることができ、また、ファイバペロー型の半導体レーザ3は発振波長の幅幅が広いため、励起光による誘導ブリルアン散乱の発生をばねなくすることができ、DPR型、DR型の半導体レーザ又はMOPAを用いた場合、発振波長の変動範囲が比較的小さいため、利得形状が駆動条件によって変化するのではない。また、誘導ブリルアン散乱の発生は変動をかけることにより抑制することができ

【0048】更に、励起光を中心波長の間隔を6nm以上35nm以下とすることにより利得平坦化フィルタを必要としない程度に利得の波長依存性を小さくすることができ、励起光の中心波長間隔を6nm以上とする理由は、反射帯域幅の狭い外部共振器5を接続したファイバペロー型の半導体レーザ3の発振帯域幅が図12に示す様に約3nmであること、励起光を合波するためのWDMカブラ11（図1、2、3）に合波効率を良くするための励起光間の波長間隔にいくらかの余裕をもたせることを可能にするためである。WDMカブラ11は、異なる波長の光を別々のポートから入射し、入射光がほとんど損失を受けることなく1つの出力ポートへ結合するように設計されたものであるが、設計波長の中間の波長の光に対しては、どちらの入力ポートへ使用しても損失が大きくなる。例えば、あるWDMカブラ11ではこの損失が大きくなる波長帯域の幅が3nmであった。従って、この帯域内に半導体レーザ3の帯域が含まれないようにするために、図12に示す様に半導体レーザ3の帯域幅に3nmを

13

もでは、駆動電流の変化による中心波長の変化が抑えられるため、利得の制御を可能にする手段としても作用する。

【0053】本発明のうち請求項9記載のラマン増幅器では、入力信号パワーと出力信号パワーをモニタし、それらの比が一定になる様に励起光パワーを制御して、ラマン増幅器の利得を所定値に保つ制御手段4を備えるため、ラマン増幅器への入力信号パワーの変動やラマン増幅用ファイバの損失のばつつきによらず、一定の利得を得ることができ

【0054】本発明のうち請求項10記載のラマン増幅器では、ファイバペロー型の半導体レーザ3の出力共振器ファイバグレーティング等の波長安定化用の外部共振器5を設けるので、ファイバペロー型の半導体レーザ3のモードホップによる利得の変動による雑音を抑制することができ、また、半導体レーザ3に波長安定化用の外部共振器5を接続すると、1つの励起光源について見る1、2、3で合波する際に、波長間隔を狭くすることと、帯域幅を狭くすることになるが、WDMカブラ11（図1、2、3）で合波する際に、より高出力で広帯域な励起光が得られる。

【0055】本発明のうち請求項11記載のラマン増幅器では、半導体レーザ3の励起光を各波長毎に偏波合成して使用するため、利得の偏波依存性を解消すると同時に光ファイバ2に入射し、利得の偏波依存性を増大させることができる。ラマン増幅において利得が得られるのは、励起光の偏波と一致する成分のみであるため、励起光が直線偏波であり且つ増幅用ファイバが偏波保持ファイバでない場合、信号光と励起光の偏波が偏波の変動により利得が変動するが、直線偏波の励起光を偏波面が直交するように合波することは、利得の偏波依存性を解消すると同時にファイバに入射される励起光パワーを増大させることになる。

【0056】本発明のうち請求項12記載のラマン増幅器では、複数の波長のファイバペロー型、DPR型、DR型の半導体レーザ又はMOPAを合波する手段として、マッハツェンダ干渉計を原理とする平面光波回路型の波長合波器を使用するため、複数の波長のファイバペロー型の半導体レーザを合波する場合にも、極めて低損失で合波することができ、高出力な励起光が得られる。

【0057】本発明のうち請求項13記載のラマン増幅器では、図6に示す様に偏波面を90度回転する偏波面回転手段7を備え、光ファイバ2に励起光発生手段1で発生された複数の励起光とそれらと偏波面が直交される励起光とが同時に存在する様にしたため、原理的には、信号光の偏波面がいかなうようであるとも常に一定の利得を得ることができ、ラマン増幅の帯域は、励起光の帯域に依存するため、複数の波長の励起光をWDMカブラ11で合波することは、増幅用の光ファイバ2に入射される励起光を広帯域化し、その結果としてラマン利得を広帯

(8)

特開2000-98433

14

域化することになる。

【0058】本発明のうち請求項14記載のラマン増幅器では、光ファイバ2に非共振形屈折率nが3.5E-20[m²/W]以上のものを使用するため、これまでの研究による成果であるが、十分な増幅効果が得られる。

【0059】本発明のうち請求項15乃至請求項17記載のラマン増幅器では、光ファイバ2は信号光を伝播するための伝送用ファイバの一部として存在するで、伝送用光ファイバにそのまま増幅器を構成することが可能である。

【0060】本発明のうち請求項18記載のラマン増幅器では、光ファイバ2は信号光を伝播するための伝送用ファイバと独立された、同伝送用ファイバ中に挿入されるラマン増幅用ファイバとして存在するため、光ファイバ2にラマン増幅に適した光ファイバを利用することや、波長分散補償用ファイバを利用することが容易で、また集中型増幅器を構成することができ

【0061】本発明のうち請求項19記載の光中継器では、ラマン増幅器を用いて光ファイバ伝送路8の損失を補償するため、請求項1乃至請求項18に記載のラマン増幅器の作用を持つ光中継器を得ることができる。

【0062】本発明のうち請求項20及び請求項24記載の光中継器では、ラマン増幅器の残留励起光を光ファイバ伝送路8に入射し、光ファイバ伝送路8におけるラマン増幅効果を利用することにより、光ファイバ伝送路8の損失の一部を補償することができ

【0063】本発明のうち請求項21記載の光中継器では、ラマン増幅器の前段又は後段又は前段両段に希土類添加ファイバ増幅器9を備え、これらラマン増幅器9及び希土類添加ファイバ増幅器10で光ファイバ伝送路8の損失を補償するため、様々な伝送系に適する所望の増幅特性を得ることができ

【0064】本発明のうち請求項22及び請求項26記載の光中継器では、ラマン増幅器の残留励起光を希土類添加ファイバ増幅器10の励起光として利用することにより、使用する半導体レーザの数を減らすことができ

【0065】本発明のうち請求項23に記載の光中継器では、ラマン増幅器9の光ファイバ2に分散補償用ファイバを用いてなるため、当該ラマン増幅器9で光ファイバ伝送路8の波長分散を補償し、光ファイバ伝送路8及び増幅用ファイバ2における損失の一部又は全てを補償することができ

【0066】本発明のうち請求項25記載の光中継器では、ラマン増幅器9の前段又は後段又は前後両段に希土類添加ファイバ増幅器10を備え、これらラマン増幅器9及び希土類添加ファイバ増幅器10で光ファイバ伝送路8の損失と波長分散を補償するため、様々な伝送系に適する所望の増幅特性を得ることができ

【0067】また、本発明のうち、ラマン増幅器9と希

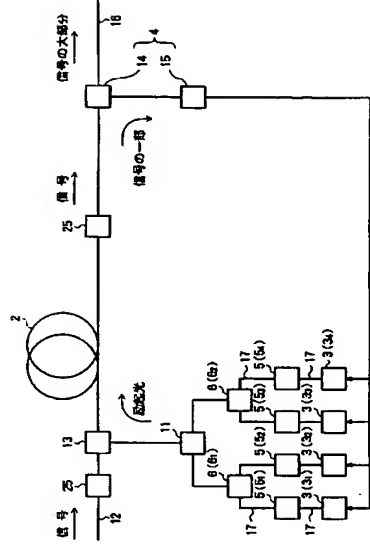
50

を制御する制御方法のブロック図。

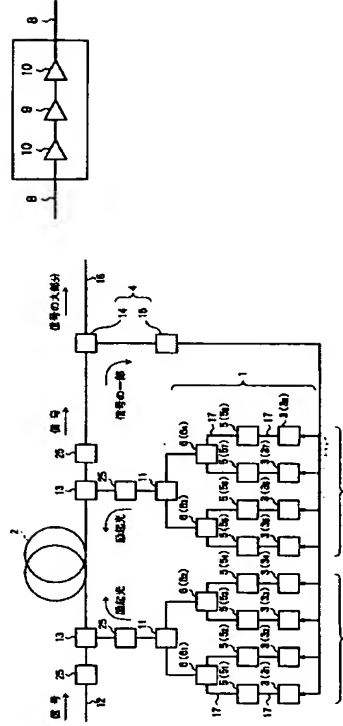
- 【図28】ラマン増幅器の残留励起光を光ファイバ伝送路に伝送してラマン利得を得る方法の第1例を示したブロック図。
- 【図30】ラマン増幅器の残留励起光を光ファイバ伝送路に伝送してラマン利得を得る方法の第2例を示したブロック図。
- 【図31】ラマン増幅器の残留励起光を光ファイバ伝送路に伝送してラマン利得を得る方法の第3例を示したブロック図。
- 【図32】ラマン増幅器の残留励起光を光ファイバ伝送路に伝送してラマン利得を得る方法の第4例を示したブロック図。
- 【図33】ラマン増幅器の残留励起光をEDFAの励起光として活用する第1例を示したブロック図。
- 【図34】ラマン増幅器の残留励起光をEDFAの励起光として活用する第2例を示したブロック図。
- 【図35】ラマン増幅器の残留励起光をEDFAの励起光として活用する第3例を示したブロック図。
- 【図36】ラマン増幅器の残留励起光をEDFAの励起光として活用する第4例を示したブロック図。
- 【図37】分散補償用ファイバ挿入による雑音指数の劣化を示した説明図。
- 【図38】ラマン増幅器の励起波長と中継器の特性を示した説明図。
- 【図39】ラマン増幅器の励起波長と中継器の特性を示した説明図。

- * 【図40】複数のラマン増幅器を多段接続してなる光中継器のブロック図。
- 【図41】単一の励起光源を有する励起光発生手段の一例を示したブロック図。
- 【図42】単一の励起光源を有する励起光発生手段の他の例を示したブロック図。
- 【図43】2つの励起光源を有する励起光発生手段の一例を示したブロック図。
- 【図44】2つの励起光源を有する励起光発生手段の他の例を示したブロック図。
- 【図45】分散補償用ファイバを増幅用ファイバとするラマン増幅器のブロック図。
- 【図46】従来の光中継器の一例を示したブロック図。
- 【図47】図46の光中継器における光レベルダイアグラムを示した説明図。
- 【符号の説明】
- 1 励起光発生手段
- 2 光ファイバ
- 3 ファブリペロー型の半導体レーザー
- 4 出力光パワー制御手段
- 5 外部共振器
- 6 偏波合成器
- 7 偏波回転手段
- 8 光ファイバ伝送路
- 9 ラマン増幅器
- 10 希土類添加ファイバ増幅器

【図2】



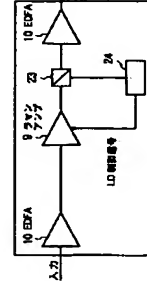
【図3】



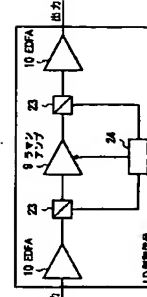
【図6】



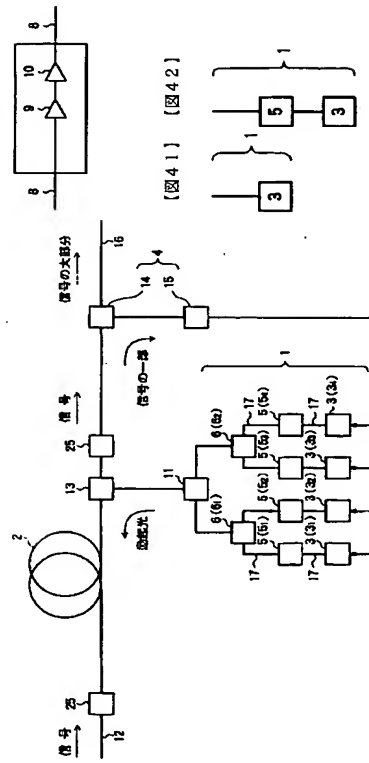
【図9】



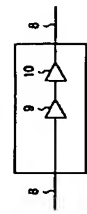
【図10】



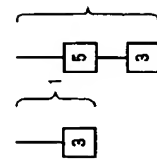
【図1】



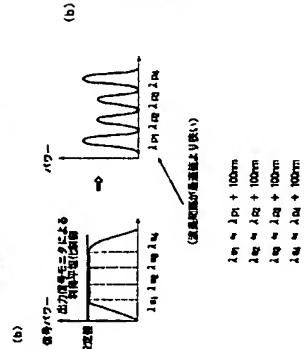
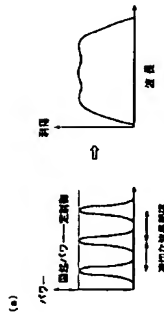
【図7】



【図41】 【図42】



【図16】



【図17】

(a)

項目	①	②	③
中間出力 P_m (dBm/dB)	-20±3	-15±2	-15±1
中間出力 P_{out} (dBm/dB)	10	10	5
DCF 損失 L_d (dB)	10±2	8±1.5	8±1

(b)

項目	①	②	③
増幅器1利得 G_1 (dB)	20±3	15±2	15±1
増幅器2利得 G_2 (dB)	20±2	18±1.5	11±1
中間利得 G_m (dB)	30±3	25±2	20±1

【図20】

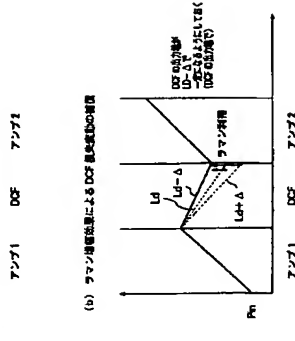
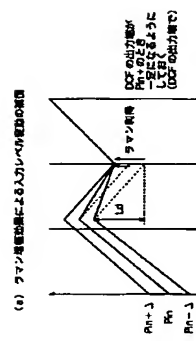
(a)

項目	①	②	③
中間入力	-20±3	-15±2	-15±1
中間出力	+10	+10	+5
DCF 損失	10±2	8±1.5	8±1

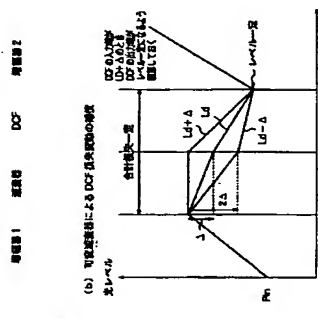
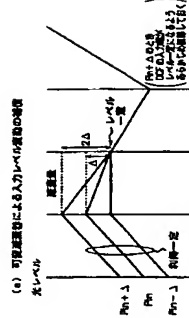
(b)

項目	①	②	③
増幅器1	12	13	13
増幅器2	10	10	10
増幅器3	17±5	10±3.5	3±2
中間利得	30±3	25±2	20±1

【図21】

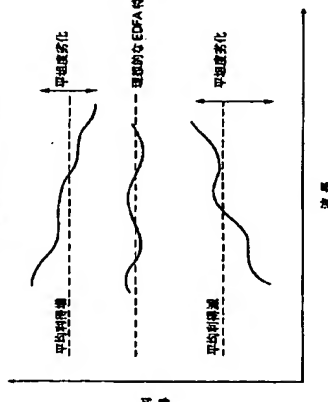


【図19】

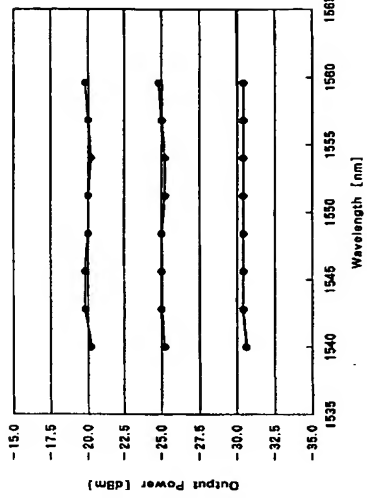


【図18】

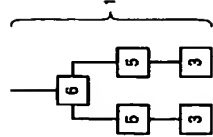
EDFAの利得特性と平均波長の関係



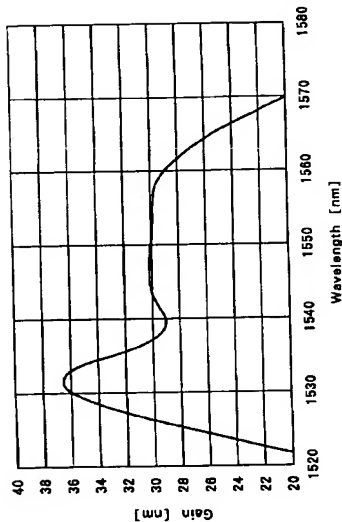
【図22】



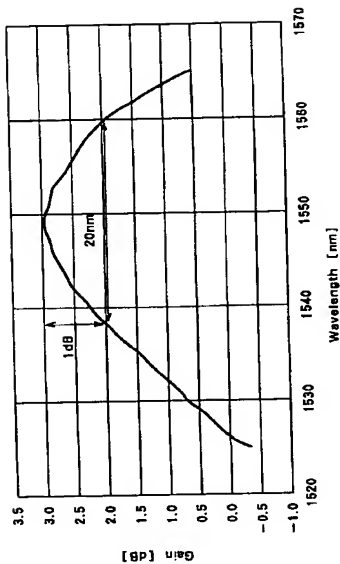
【図44】



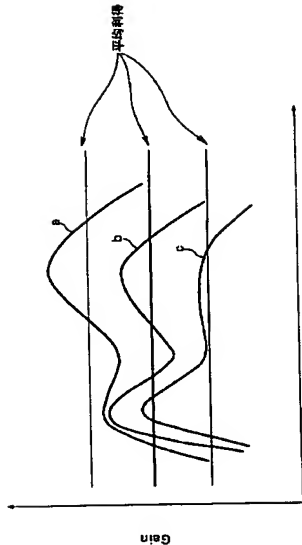
【図23】



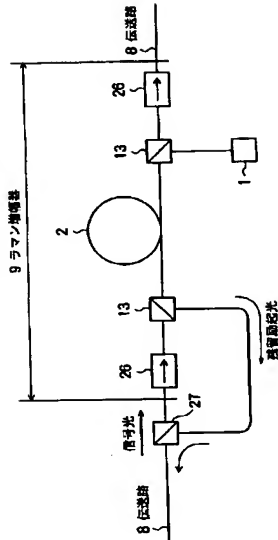
【図25】



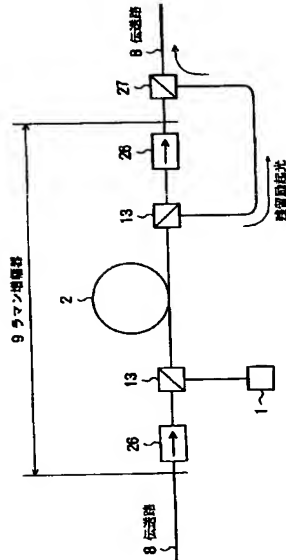
【図24】



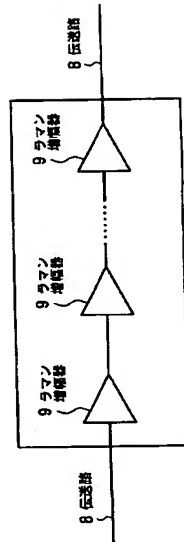
【図29】



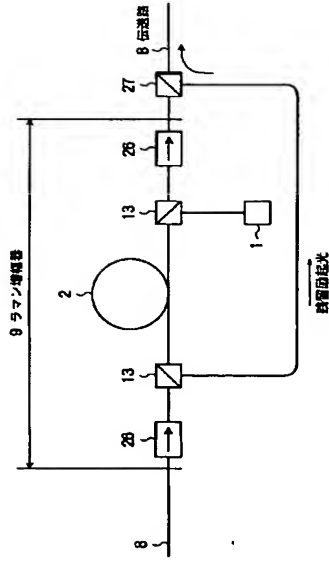
【図30】



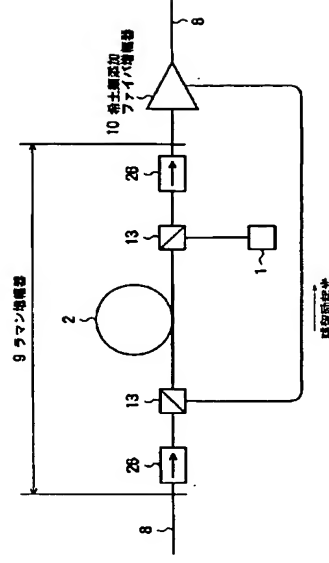
【図40】



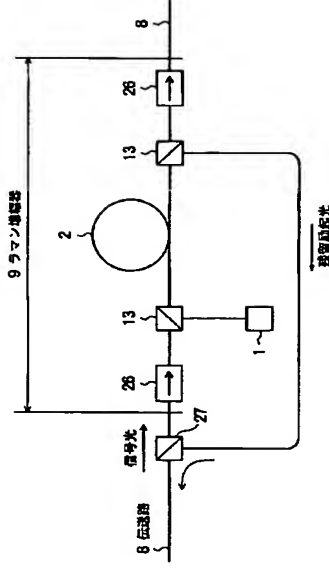
【図31】



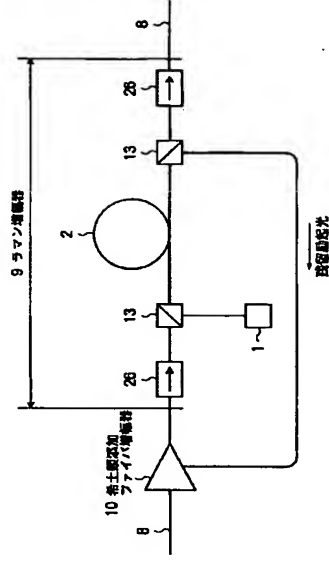
【図34】



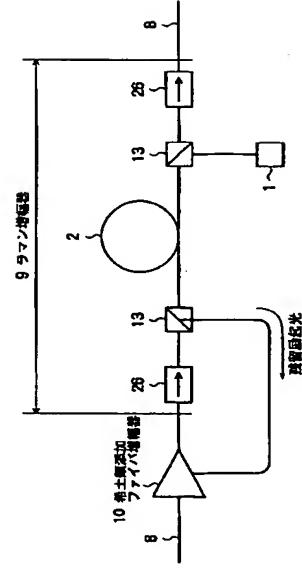
【図32】



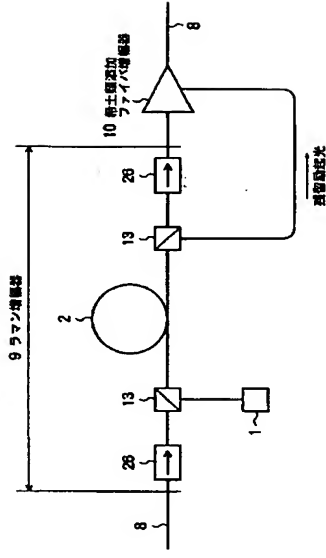
【図35】



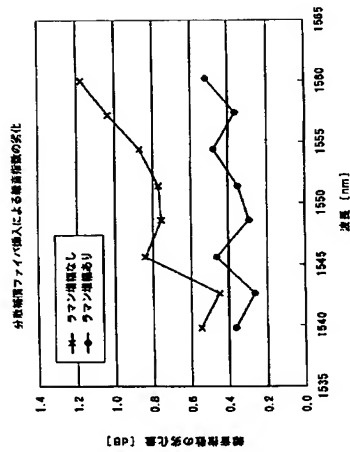
【図33】



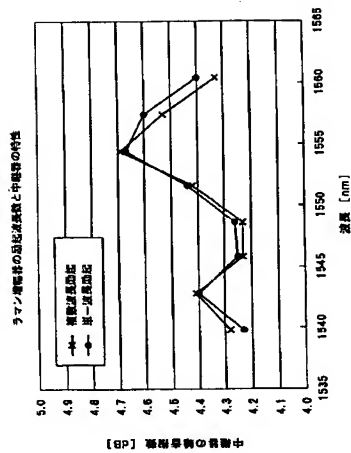
【図36】



【図37】



【図39】



【図47】

